ÜBER

DIE DISSOCIATION

DES

SAUERSTOFFHÄMOGLOBINS

IM

LEBENDEN ORGANISMUS.

VON

ALBERT SCHMIDT.

JENA,

Verlag von Hermann Dufft.

1876.

Vorwort.

Die für das Zustandekommen der Dissociation des sauerstoffhaltigen Blutroths in den Capillaren des lebenden Körpers erforderlichen Bedingungen sind noch wenig untersucht worden, obgleich seit der Einführung des Spectroskops in die Werkstatt des Physiologen ein vorzügliches Mittel gegeben ist, die Anwesenheit oder Abwesenheit von Hämoglobinsauerstoff selbst in mikroskopisch kleinen Blutmengen sicher zu erkennen. Herr Albert Schmidt, aus Kaltennordheim, hat daher auf meinen Vorschlag zahlreiche und verschiedenartige Versuche über diesen Gegenstand hier ausgeführt und z. Th. sorgfältig protokollirt. Er selbst ist durch äussere Verhältnisse verhindert gewesen, die Resultate der Arbeit im Einzelnen zu formuliren. Ich habe daher dieselben im unmittelbaren Anschluss an die Protokolle bei- und eingefügt.

Wenn auch die Hauptfrage, welche beantwortet werden sollte, nämlich: Wieviel Zeit ist erforderlich, um die Dissociation des Sauerstoffhämoglobins in den verschiedenen Organen des Körpers unter normalen Verhältnissen vollständig zu Stande kommen zu lassen? noch nicht entfernt befriedigend beantwortet werden kann, so haben sich doch einige gute Anhaltspuncte bereits gewinnen lassen.

Die ganze Untersuchung zerfällt in drei Theile und behandelt:

1) Das Sauerstoffhämoglobin des lebenden fötalen Blutes;

2) Den Einfluss der Todesart auf die Dissociation des Sauerstoffhämoglobins im Blute;

3) Die Dissociation des Sauerstoffhämoglobins durch lebende Gewebe.

Das Verfahren, lebendes Blut unter Luftabschluss spectroskopisch zu untersuchen, dessen ich mich seit Jahren mit bestem Erfolge bediene, wird gleich anfangs beschrieben.

In Betreff der Terminologie muss ich bemerken, dass die von Vielen gebrauchte Bezeichnung „Reduction des Oxyhämoglobins“ in zweifacher Hinsicht falsch ist, denn das Sauerstoffhämoglobin (O_2-Hb) ist weder ein Oxykörper, noch ein Oxyd. Es wird nicht zu Hb reducirt, sondern dissociirt. Auch das arterielle Blut wird bei der Gewebeathmung nicht „reducirt“, ebensowenig wie das venöse in den Lungencapillaren „oxydirt“ wird.

Physiologisches Laboratorium
der Universität Jena,
Februar 1876.

W. PREYER.

Inhalt.

Seite

Die Methode . . . . . 1—3

I. Nachweis des Sauerstoffhämoglobins im lebenden fötalen Blute 4—5

II. Von dem Einfluss der Todesart auf die Dissociation des Sauerstoffhämoglobins im Blute . . . . . 6—28

A. Das Blut enthält viel Sauerstoffhämoglobin 7

1. Hungertod (bei Warmblütern) 7

2. Tod durch Kälte (bei Warmblütern) 10

3. Tod durch Einblasen von Luft in eine Vene (bei Warmblütern) 11

4. Tod durch Blausäure (bei Amphibien) 11

B. Das Blut enthält bald überwiegend Sauerstoffhämoglobin, bald überwiegend sauerstofffreies Hämoglobin, bald beides reichlich zugleich 12

1. Tod durch Injection von Oel in eine Vene 12

2. Tod durch arsenige Säure 13

3. Tod durch Blausäure (bei Warmblütern) 15

C. Das Blut enthält sauerstofffreies Hämoglobin und daneben nur Spuren von oder kein Sauerstoffhämoglobin 15

1. Tod durch Tracheaverschluss, Erdrosseln und Ertränken . 15

2. Tod durch Pneumothorax 16

3. Tödtlicher Stich in das verlängerte Mark 17

4. Tödtlicher Schlag auf den Kopf 17

5. Tod durch Luftverdünnung 17

6. Tod durch Erwärmung 18

7. Tod durch Kälte (bei Amphibien) 19

8. Tod durch Nitrobenzol 20

9. Tod durch Chloroform 20

10. Tod durch Alkohol 21

Seite

11. Tod durch Arsenwasserstoffgas 21
12. Tod durch Jod 21
13. Tod durch Physostigmin 22
14. Tod durch Strychnin 22
15. Tod durch Chinin 23
16. Tod durch Nicotin 24
17. Tod durch Kalisalpeter 25
18. Tod durch Natronsalpeter 25

D. Das Blut zeigt unter Luftabschluss ein vom O_2-Hb-Spectrum und vom Hb-Spectrum verschiedenes Spectrum 26

1. Tod durch Schwefelwasserstoff 26
2. Tod durch Kaliumnitrit 27
3. Tod durch Amylnitrit 27
4. Tod durch Leuchtgas 27

III. Von der Dissociation des Sauerstoffhämoglobins durch Gewebe 29—40

1. Dissociation durch den lebenden Herzmuskel 29
2. Dissociation durch Muskelgewebe der Extremitäten . . . 33
3. Dissociation durch Lebergewebe 35
4. Dissociation durch Galle, Milz, Gehirn u. a. 38
5. Dissociation durch Schimmelpilze 38
6. Ueber den die Dissociation verzögernden Einfluss des Chinins 39

Einige allgemeine Schlussfolgerungen . . . . . 40—43

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

DIE DISSOCIATION

DES

SAUERSTOFFHÄMOGLOBINS.

Die Methode.

Die bisher vorgeschlagenen Methoden zur spectroskopischen Untersuchung des Blutes unter Luftabschluss, namentlich die von Gwosdew [1]) und die von Kotelewski [2]), sind etwas umständlich [3]), jedenfalls lange nicht so bequem wie das im folgenden beschriebene und, wo nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist, überall verwendete Verfahren, welches unter Benutzung eines Sorby-Browning'schen Mikrospectroskops [4]) zur Untersuchung auch äusserst geringer Blutmengen sich vorzüglich eignet.

Bei der spectroskopischen Untersuchung des Blutes kommt es vor allen Dingen darauf an, dass die Blutschicht sehr durchsichtig ist, und dieses lässt sich nach den erwähnten Verfahrungsweisen nicht immer gleich gut bewerkstelligen. Auch ist dabei die Hauptfehlerquelle nicht völlig eliminirt. Sieht man nämlich im Mikrospectroskop den Stokes'schen Absorptionsstreifen sauerstofffreien Hämoglobins, so ist man sicher, dass alles in Ordnung war, beim Sauerstoffhämoglobinspectrum wird man aber oft darüber im Zweifel sein, ob man exact gearbeitet hat oder ob

---

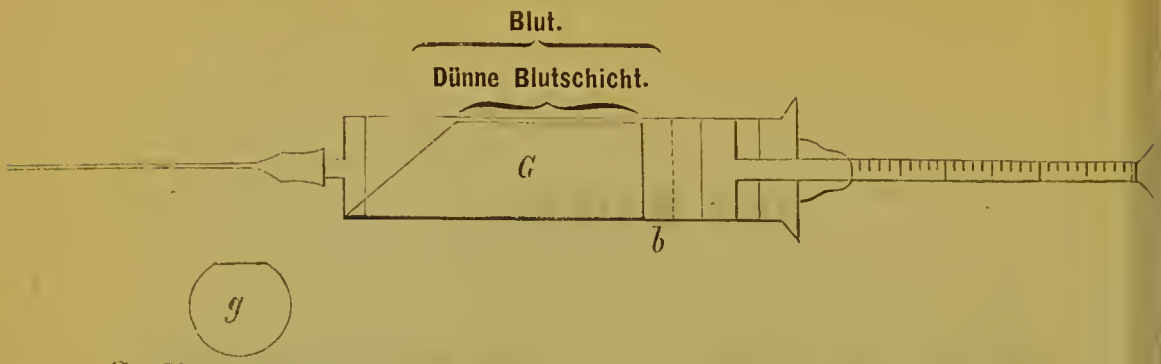
[1]) Archiv f. Anatomie und Physiologie und wissenschaftliche Medicin 1867, S. 635.

[2]) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1870, S. 833.

[3]) Das einfache Verfahren von Ed. Hofmann, welches derselbe in den „Berichten des medicinisch-naturwissenschaftlichen Vereins in Innsbruck" (1874, S. 49) beschreibt, benöthigt eine Vermischung des Blutes mit Wasser, also theilweise Zerstörung der Blutkörperchen. Uebrigens wurde uns diese sehr beachtenswerthe Abhandlung von Hofmann erst bekannt, als die vorliegende Arbeit abgeschlossen und eine vorläufige Mittheilung über die Hauptresultate derselben im Centralbl. f. d. med. Wissensch. (1874, S. 725) bereits erschienen war.

[4]) Spectralocular *à vision directe* in vereinfachter Einrichtung mit willkürlich veränderlicher Spaltweite. Ein vorzügliches Instrument: 75 Mark. Universitäts-Mechanicus Zeiss in Jena.

Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft hinzutrat. Daher ist das folgende Verfahren vorzuziehen. Eine Pravaz'sche Spritze,



G Glascylinder im Längsschnitt.
g Glascylinder im Querschnitt.

in welche ein Glascylinder von nebenstehender Form G geschoben wurde, wird mit Steinöl angefüllt, dann, ohne dass Luft in die Röhre kommt, der Kolben aufgesetzt und das überflüssige Steinöl durch die Nadelspitze herausgespritzt: so ist der Apparat zur Untersuchung fertig.

Der Glascylinder muss die im Querschnitt angegebene Form haben aus zwei Gründen. Wäre er unten nicht schräg verlaufend, so würde das Einziehen des Blutes aus dem Herzen durch den untern aufliegenden Theil des Cylinders gehindert; sodann ist er an einer Seite plan geschliffen, damit die Blutschicht sich zwischen der Glaswand der Spritze und der planen Seite des Cylinders nach b zieht. An der gegenüberliegenden Wand der Spritze muss der Cylinder eng anliegen. Die Abbildung stellt die Spritze dar, wie sie, mit Blut gefüllt, zur mikrospectroskopischen Beobachtung dient. Selbstverständlich müssen alle Verbindungsstücke luftdicht abgeschlossen sein und eine Hauptsache ist, dass der Kolben in der Spritze ganz gleichmässig auf und absteigt.

Steinöl wurde verwendet, weil es keinen Sauerstoff enthält und doch während vieler Stunden dem Blute den Sauerstoff nicht entzieht, auch weil es dünnflüssiger ist als Glycerin und Olivenöl. Von gasfreiem Wasser musste, weil es die Blutkörper zu sehr verändert, abgesehen werden. [1])

Zum Festhalten des Herzens, aus welchem das Blut zu

[1]) Eine Vermischung des Blutes mit Wasser ist schon deshalb zu vermeiden, weil häufig in einer minimalen Blutprobe sauerstoffhaltige Blutkörper neben sauerstofffreien sich vorfinden, was nicht mehr constatirt werden kann, wenn das Hämoglobin aufgelöst wird.

entnehmen war, diente bei Warmblütern eine gekrümmte gezähnte Pincette, und zwar wird nach Eröffnung des Thorax mit der Pincette das Herz gefasst, die Spritze in das Herz eingestochen und sogleich der Stempel angezogen, so dass augenblicklich das Blut aus dem Herzen in die Spritze steigt. Dies alles wurde mit der grössten Geschwindigkeit bewerkstelligt. Man kann übrigens auch ohne Eröffnung des Thorax durch directen Einstich in das Herz Blut aus demselben mit der Spritze entnehmen.

War eine genügende Menge Blutes eingesogen, so wurde die Oeffnung der Spritze sofort durch Eintauchen in warmes Wachs verschlossen, so dass Luft nachträglich nicht eindringen konnte. Aus dem Froschherzen wurde stets nur das Blut genommen, wenn dasselbe (beziehlich der ganze Frosch) sich unter ausgekochtem Wasser befand, dem eine Spur Kochsalz zugesetzt war, um die schädliche Wirkung des Wassers auf die blossliegenden Organe zu mindern.

Die Zuverlässigkeit der Methode kann man daran erkennen, dass sowohl das Spectrum des Hb-Blut, wie das des O_2-Hb-Blut über 24 Stunden sich unverändert in der Spritze erhält, also entzieht das Steinöl dem Sauerstoffhämoglobin den Sauerstoff nicht innerhalb dieser Zeit, und die Pravaz'sche Spritze schliesst luftdicht. Wenn auch Anfangs viele Versuche missglücken, so erwirbt man sich doch in kurzer Zeit leicht die nöthige Fertigkeit im schnellen Operiren. Zur spectralen Beobachtung diente entweder eine Petroleumflamme oder Sonnenlicht, und letzteres wurde, wo es zu haben war, vorgezogen.

Was sonst noch mit Rücksicht auf die Methode zu bemerken wäre, folgt bei der Beschreibung der Beobachtungen und Versuche im Einzelnen.

I.

Nachweis des Sauerstoffhämoglobins im lebenden fötalen Blute.

Den vereinzelten Beobachtungen über einen Farbenunterschied des Nabelvenen- und Nabelarterien-Blutes ist zunächst ein weiterer Fall derart anzureihen. Es war einmal ein deutlicher Unterschied der Farbe zwischen dem arteriellen und venösen Blute der Nabelgefässe eines kleinen Meerschweinchenembryo beim Oeffnen der Leibeshöhle der Mutter zu sehen. Das Venenblut war entschieden heller.

Die spectroskopische Untersuchung des fötalen Blutes beseitigt auch den letzten Zweifel.

Es wurde die Nabelvene eines 67 Gramm wiegenden Meerschweinchenembryo gleich nach der Blosslegung an zwei Stellen rasch unterbunden und zwischen 2 Objectträgern das Spectrum in directem Sonnenlicht betrachtet. Das Nabelvenenblut zeigte exquisit das O_2-Hb-Spectrum.

Um aber zu erfahren, ob auch das Herzblut des Fötus Sauerstoffhämoglobin, also locker gebundenen Sauerstoff, enthält, wurden 4 hochträchtige Meerschweinchen vorgenommen. In allen 4 Fällen ergab sich dasselbe Resultat. Es wurde bei denselben schnell die Bauchhöhle durch einen Schnitt geöffnet, mit der grössten Schonung der Nabelgefässe der Thorax des Embryo aufgeschnitten und sofort in das Herz eingestochen. Gleich nach dem Einstich zeigte das ohne Luftzutritt in die Pravaz'sche Spritze gelangte Blut in allen 4 Fällen das Sauerstoffhämoglobinspectrum. Die Farbe des Blutes war aber makroskopisch nicht rein arteriell, sondern hatte einen violetten Ton. Es ist nach weiter unten mitgetheilten Versuchen sehr wahrscheinlich, dass ein grosser Theil des Nabelvenenblutes

schon in der Leber des Fötus seinen Sauerstoff verliert. Dass nicht Lungenathmung stattgefunden hatte, wurde durch die bekannte Lungenprobe konstatirt, auch wurde vor dem Einstich in keinem Falle ein Athemzug beobachtet. Bemerkenswerth ist, dass das Herz des Fötus noch lange fortschlägt, wenn auch in ihm nur sauerstofffreies Blut sich findet. Einmal gab das Herzblut 13 Minuten nach Unterbrechung der Placentarcirculation nur das Spectrum des sauerstofffreien Hb, das Herz schlug noch fort. In einem andern Falle wurde nach 20 Minuten dasselbe Resultat erhalten.

Es geht hieraus hervor, dass in den Herzen der Embryonen der Meerschweinchen sehr schnell der vorhandene Blutsauerstoff festgebunden wird, daher man bei der Untersuchung schnell operiren muss, weil leicht sonst statt des O_2-Hb-Spectrum das des sauerstofffreien Hb allein erhalten wird. Gerade durch diese Beobachtungen wird unzweifelhaft bewiesen nicht nur, dass das Nabelvenenblut und Herzblut des Fötus Sauerstoffhämoglobin enthält, ehe noch ein einziger Athemzug stattgefunden hat, sondern auch, dass der Sauerstoffverbrauch im fötalen Organismus ein lebhafter ist, sonst würde bei Unterbrechung der Zufuhr des Sauerstoffs derselbe so schnell nicht aus dem Blute verschwinden können, wie es der Fall ist.

II.

Von dem Einfluss der Todesart auf die Dissociation des Sauerstoffhämoglobins im Blute.

Um nun genauer die Zeiten zu ermitteln, welche erforderlich sind, die vollständige Abgabe des Blutsauerstoffs, d. h. die Dissociation des Sauerstoffhämoglobins, zu Stande kommen zu lassen, wurden viele Thiere in verschiedener Weise getödtet und eine Minute oder einige Minuten nach dem letzten Athemzuge das Blut aus dem Herzen unter Luftabschluss mikrospectroskopisch untersucht. Die Experimente lassen sich nach ihren Resultaten in vier Rubriken bringen (A bis D):

A. **Das Blut enthält viel Sauerstoffhämoglobin nach dem Tode durch:**

Verhungern (bei Warmblütern)
Erfrieren (bei Warmblütern)
Einblasen von Luft in die Jugularvene
Vergiftung mit Blausäure (bei Amphibien).

B. **Das Blut enthält bald überwiegend Sauerstoffhämoglobin, bald sauerstofffreies Hämoglobin, bald beides reichlich zugleich nach dem Tode durch:**

Steinölinjection in die Jugularvene
Vergiftung mit arseniger Säure (Warmblüter)
Vergiftung mit Blausäure (Warmblüter).

C. **Das Blut enthält sauerstofffreies Hämoglobin und daneben nur Spuren von oder gar kein Sauerstoffhämoglobin nach dem Tode durch:**

Tracheaverschluss, Erdrosseln und Ertränken
Pneumothorax
Stich in das verlängerte Mark *(noeud vital)*
Schlag auf den Kopf

Einathmen verdünnter Luft
Einathmen heisser Luft
Erfrieren (bei Fröschen)
Vergiftung mit Nitrobenzol
Vergiftung mit Chloroform
Vergiftung mit Alkohol
Vergiftung mit Arsenwasserstoff
Vergiftung mit Jod
Vergiftung mit Physostigmin
Vergiftung mit Strychnin
Vergiftung mit Chinin
Vergiftung mit Nicotin
Vergiftung mit Kalisalpeter
Vergiftung mit Natronsalpeter.

D. **Das Blut zeigt unter Luftabschluss ein vom O_2-Hb- und vom Hb-Spectrum verschiedenes Spectrum nach**

Einathmung von Schwefelwasserstoff
Injection von salpetrigsaurem Kali
Injection von Amylnitrit
Einathmung von Kohlenoxyd.

Nähere Angaben enthalten die folgenden Versuchsprotokolle.

A.

1. Hungertod.

Um diese Versuche auch nach anderer Richtung auszunutzen, wurde die Dauer der absoluten Carenz und das Gesammtkörpergewicht in Grammen bestimmt und öfters die Eigenwärme der Versuchsthiere, Meerschweinchen, gemessen, wobei die Grade sich, wie in dieser ganzen Abhandlung, auf die Centesimalscala beziehen.

Versuch 1.

Stunde	Gewicht
0	665
24	613
48	571
72	531
96	496,5
120	463,5
144	435
168	411
183^h 25^m	398,5 : letzter Athemzug.

Beim Eröffnen des Pericards contrahiren sich noch die Vorhöfe auf mechanischen Reiz. Das Blut sieht dunkel aus wie Herzkirschen, zeigt aber $183^h\ 30^m$ das Sauerstoffhämoglobinspectrum, also 5 Minuten nach dem letzten Athemzuge. — Verhältniss q des Anfangsgewichts des Thieres zum Endgewicht = 0,599; relativer Gewichtsverlust p=0,401; Inanitionsdauer 7,6 Tage.

Versuch 2.

Stunde	Gewicht
0	596
24	524
48	486
72	452
96	417,2
120	405,0
$122^h\ 55^m$	letzter Athemzug.

Die Respiration ging ganz allmählich langsamer vor sich, zuletzt 8, 4, 3 in einer Minute.

$122^h\ 57^m$ wurde der Thorax geöffnet, die Herzkammern contrahiren sich nicht mehr, nur noch der linke Vorhof. Dieser hat eine arterielle Färbung.

123^h Sauerstoffhämoglobinspectrum. Die Rectaltemperatur betrug 30 Minuten vor der letzten Respiration nur + 21° C. Im Uterus fanden sich drei todtfaule Embryonen, zusammen 50,2 Gramm wiegend. Inanitionsdauer 5,1 Tage.

Versuch 3.

Stunde	Gewicht	Rectaltemperatur	Zimmertemperatur
0	722	38,1°	+ 14°
24	647	37,1°	14,5°
48	586	35,7°	12°
72	540	37,2°	11°
96	492	32,3°	10,5°
120	476	29,5°	10°
126	—	23,6°	15°
127	—	23,3°	17°
128	469,5	24,3°	22°
$128^h\ 10^m$	—	25,4°	

$130^h\ 45^m$ letzter Athemzug. Sauerstoffhämoglobinspectrum. Einzelne Stellen der Blutprobe zeigen aber das Spectrum des sauerstofffreien Hb neben dem des O_2-Hb. q = 0,650 und p = 0,340. Inanitionsdauer 5,4 Tage.

Versuch 4. Stunde	Gewicht	Rectal-temperatur	Zimmer-temperatur
0	610	39,1°	+ 15°
24	552	38,4°	15°
48	512	38,0°	15°
72	482	38,0°	16°
96	450	37,9°	15°
120	426	37°	12°
144	396	37,1°	16°
168	367	33,0°	18°

Thier gestorben zwischen der 168. und 178. Stunde. q = 0,590; p = 0,410. Inanitionsdauer zwischen 7,0 und 7,4 Tagen. 178h Gew. 361 Gr. Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Das Herzblut hat die Farbe der schwarzen Herzkirschen. Der Magen zeigt zahlreiche Excoriationen, enthält eine kaffeesatzfarbige Masse, wahrscheinlich in Folge des Zernagens eines Drahtnetzes. Die Blase ist prall gefüllt.

Versuch 5. Stunde	Gewicht	Rectal-temperatur	Zimmer-temperatur
0	771	39,1°	+ 15°
24	727	37,0°	12°
48	666,7	37,5°	16°
72	623	37,6°	18°
96	585	37,2°	16°
120	560	34,5°	20°
144	536	33,3°	16°
151h 10m	—	27,9°	18°
153h 30m	—	23,0°	18°
153h 50m	—	22,4°	18,3°
154h	527	—	—
154h 20m	—	22,5°	19°
154h 30m	—	22,0°	19,3°
154h 31m	letzter Athemzug.		

154h 35m Brusthöhle geöffnet, Lungenvenen arteriell. Vorhöfe contrahiren sich noch schwach. Nach Aufhören dieser Contractionen wurde eingestochen.

154h 40m Sauerstoffhämoglobinspectrum.

q = 0,670 und p = 0,330. Inanitionsdauer 6,4 Tage.

Anm. Die Versuchsthiere 1 bis 5 wurden in Glas- oder Blechkasten gehalten ohne alle Nahrung und ohne Wasser. In Holzkisten benagen die Thiere immer das Holz.

Aus diesen Versuchen folgt unzweifelhaft, dass einige Zeit (5 Minuten bis vielleicht mehrere Stunden) nach dem Tode durch Verhungerung [1]) das Herzblut sauerstoffhaltig bleibt bei Säugethieren (Meerschweinchen).

2. Tod durch Kälte.

Versuch 6. Im Anschluss an obige Versuche wurde der Hunger mit einem Aufenthalt in Luft von niederer Temperatur, nämlich + 6 bis + 3° C. combinirt. Das Thier (ein Meerschweinchen) starb schon am zweiten Tage; die Faeces waren nicht wie gewöhnlich fest, sondern breiig.

Stunde	Gewicht	Rectal-temperatur	Zimmer-temperatur	
0	842	38°	+ 3°	
25	731	33°	+ 5°	
31h 35m	—	21,4°	+ 5°	
31h 45m	—	20,0°	—	
31h 55m	—	18,0°	+ 6°	
32h	—	17,5°	+ 6°	
32h 20m	—	17,0°	+ 6°	athmet mit geöffnetem Munde.
32h 31m	—	17,0°		letzter Athemzug + 6°
32h 40m	Sauerstoffhämoglobinspectrum.			

Linke Vorkammer arteriell, rechte venös, Lungenvenen arteriell, *Vena cava* venös.

Versuch 7. Tod durch Kälte. Meerschweinchen.

Stunde	Rectal-temperatur	Luft-temperatur	
0	38,0°	+ 15°	dann 5 Min. in Luft von Anfangs — 13,1°.
3h 55m	22,7°	— 6°	
4h 20m	17,25°	— 6°	schwache Bewegung der Extremitäten.
4h 25m	17°	— 6°	Respirat. mit geöffnetem Munde.
4h 26m	17°	— 6°	letzter Athemzug.
4h 30m	Sauerstoffhämoglobinspectrum.		

Linke Vorkammer, Pulmonalvenen arteriell, *Vena cava* venös.

---

[1]) Bei den 4 nicht trächtigen Meerschweinchen variirte die Lebensdauer bei absoluter Carenz von 5,4 bis 7,6 Tagen, der relative Gewichtsverlust von 0,33 bis 0,41, was mit Chossat's Versuchen sehr gut übereinstimmt. (*Mémoires de l'acad. des sciences.* Paris. VIII. 1843. S. 449. 458. 460.)

Aus diesen Versuchen (No. 6 und 7) ergiebt sich für Warmblüter, dass beim Erfrierungstode (welcher beim Meerschweinchen eintrat, nachdem die Blutwärme bis auf etwa + 17° gesunken war) das Blut sauerstoffhaltig bleibt 4 bez. 9 Minuten nach dem letzten Athemzug.

3. Tod durch Einblasen von Luft in die *V. jugularis.*

Meerschweinchen.

Die Luft wurde mit einer gebogenen spitzigen Glasröhre in die Jugularvene eingeblasen.

Versuch 8. 0 m Luft eingeblasen in die rechte *Jug.*

7 m letzter Athemzug.

17 m Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Gleich nach dem Einblasen der Luft wird das Thier sehr unruhig, die Respiration verlangsamt sich plötzlich.

Versuch 9. 0 m Luft eingeblasen in die *Jugularis sinistra.*

4 m letzter Athemzug.

8 m Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Die Hohlvene mit Luft gefüllt, Organe der Bauchhöhle hyperämisch, in den Darmgefässen sieht man Säulchen von Luft. Respiration wie beim vorigen Versuch.

Versuch 10. 0 m Luft eingeblasen in die *Jug. dextra.*

1 m letzter Athemzug.

6 m Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Bei Eröffnung des Pericards zeigt das Herz keine Contractionen mehr, blos fibrilläre Zuckungen, und ist dilatirt. Mit der Spritze lässt sich nur mit Luft vermengtes Blut herausziehen. Wie in den vorhergehenden Versuchen wurde das Thier gleich nach dem Einblasen der Luft sehr unruhig. Alles andere wie bei Versuch 8 und 9.

Diese Versuche lehren, dass 4 bis 10 Minuten nach dem Tode durch Lufteinblasen in eine grössere Vene bei Säugethieren das Herzblut sauerstoffhaltig bleibt.

4. Tod durch Blausäure.

Wird Blausäure von Fröschen inhalirt oder ihnen in wässeriger Lösung injicirt, so giebt das Blut unter Luftabschluss lange nach dem Aufhören der Athmung stets das Sauerstoffhämoglobinspectrum, selbst wenn die Hautathmung durch Bestreichen mit Oel herabgesetzt worden ist.

B.

In den folgenden Versuchsprotokollen soll der Kürze halber die Angabe, dass das Spectrum des sauerstofffreien Hämoglobins (Hb) beobachtet wurde, bedeuten: die unter Luftabschluss dem noch warmen Herzen entnommene Blutprobe in der Pravaz'schen Spritze gibt keine sicheren Andeutungen mehr von den beiden Absorptionsbändern O_2-Hb α und O_2-Hb γ, sondern nur und zwar sehr deutlich, das Spectrum des sauerstofffreien Hb, so dass also diese Angabe besagt: das Blut im Herzen ist sauertofffrei oder enthält höchstens noch spectroskopisch unerkennbare Spuren von Sauerstoff.

1. Tod durch Injection von Öl oder Steinöl in die Jugularvene.

Meerschweinchen.

Steinöl ist vorzuziehen, weil es sich leichter injiciren lässt. Wie bei den Versuchen 8 bis 10, so wurden auch bei diesen nach der Injection die Thiere sehr unruhig, die Respiration war anfangs sehr beschleunigt, bald aber wurde sie langsamer.

Versuch 11. 0^m 1 Gramm Steinöl in die *Jug. sinistra.*

15^m letzter Athemzug.

19^m Spectrum des sauerstofffreien Hb. Linker Vorhof contrahirt sich noch.

Versuch 12. 0^m 1 Gramm Olivenöl in die *Jug. sinistra.*

$8{,}5^m$ letzter Athemzug.

$11{,}5^m$ Spectrum wie in Versuch 11.

Versuch 13. 0^m 1 Gramm Steinöl in die *Jug. sinistra.*

7^m letzter Athemzug.

10^m Spectrum wie oben.

Versuch 14. 0^m 1 Gramm Steinöl in die *Jugularis dextra.*

$3{,}5^m$ letzter Athemzug.

$7{,}5^m$ Spectrum wie oben.

Versuch 15. 0^m 1 Gramm Steinöl in die *Jug. dextra.*

$5{,}5^m$ letzter Athemzug.

8^m Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Aus diesen Versuchen folgt, dass 3 bis 4 Minuten nach dem letzten Athemzuge, und zwar $7\frac{1}{2}$ bis 19 Minuten nach der Einspritzung von Oel in die Jugularvene (bei Meerschweinchen), das Sauerstoffhämoglobin des Blutes vollständig dissociirt gefunden werden kann; $2\frac{1}{2}$ Minute nach dem letzten Athemzuge aber, 8 Minuten nach der Injection, wurde einmal noch Sauerstoff

vorgefunden. Hier war also der Tod eingetreten, bevor das Blut seinen Sauerstoff vollständig abgegeben hatte.

2. Tod durch arsenige Säure.

Concentrirte wässerige Lösungen wurden subcutan injicirt. Versuch 16 — 21: Meerschweinchen.

Versuch 16. 0^h 4 Gramm der Lösung eingespritzt.

45^m Das Thier legt den Kopf auf die Seite; Gang wankend.

60^m Muskelzuckungen, krampfhafte Bewegungen der Extremitäten.

65^m schnappende Athembewegungen.

82^m letzter Athemzug.

87^m Brusthöhle geöffnet. Herz contrahirt sich nicht mehr; das aus dem linken Ventrikel herausgezogene Blut hat keine rein arterielle, aber auch nicht die gewöhnliche venöse Farbe und gibt das Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 17. 0^m 4 Gramm der Lösung injicirt.

25^m das Thier legt sich auf die Seite.

40^m beim Versuche fortzulaufen kommt es nicht wieder auf die Beine, allgemeine Krämpfe treten auf. Respiration verlangsamt.

42^m letzte Respirationsbewegung.

45^m Sauerstoffhämoglobinspectrum, Pulmonalvenen, linker Vorhof arteriell, aber nicht die *Vena cava* und der rechte Vorhof.

Versuch 18. 0^m 6 Gramm der Lösung injicirt.

59^m letzte Respirationsbewegung.

65^m Brusthöhle geöffnet, Herz steht still, Kammern contrahirt, linke Vorkammer heller gefärbt als die rechte. Lungenvenen arteriell. Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 19. 0^m 6 Gramm der Lösung von arseniger Säure an verschiedenen Stellen des Körpers injicirt.

30^m klonische Krämpfe (Springkrämpfe).

40^m Sperma-Ejection, Krämpfe hören auf, Respiration verlangsamt.

45^m letzte Respirationsbewegung.

49^m Thorax geöffnet; Herz steht still, Kammern contrahirt. Spectrum des sauerstoffhaltigen und des sauerstofffreien Hämoglobins in ein und derselben Probe. Die eine Stelle der dünnen Blutschicht zeigt das eine, die andere das andere Spectrum völlig rein.

Versuch 20. 0m 5 Gramm der Lösung injicirt an verschiedenen Stellen.

50m letzte Respirationsbewegung.

55m Herz steht still. Verwaschenes Spectrum: O_2-Hb und Hb zusammen.

Versuch 21. 0m 6 Gramm der wässerigen Lösung von arseniger Säure injicirt.

55m letzte Respirationsbewegung.

67m O_2-Hb- und Hb-Spectrum in derselben Probe.

Versuche 22—27: Versuche mit Fröschen.

Versuch 22. 0m unter die Rückenhaut 1 Gramm wässeriger Lösung von arseniger Säure.

120m athmet mit offenem Munde.

127m das Thier unter unausgekochtes Wasser gebracht.

160m Herz steht still, ist dilatirt, Farbe nicht ganz venös. Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 23. 0m 1 Gramm wässeriger Lösung von arseniger Säure.

50m erschwertes Athmen, Herz pulsirt noch.

150m Herz steht still, nicht ganz venös gefärbt. Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 24. 0m 1 Gramm der Lösung von arseniger Säure injicirt.

45m erschwertes Athmen, mit geöffnetem Munde.

160m Herzstillstand: Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 25. 0m 1 Gramm der Lösung unter die Rückenhaut.

103m Herz steht still. Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 26. 0m 1 Gramm der Solution unter die Rückenhaut.

157m Herzstillstand. Das Blut zeigt unter Luftabschluss in derselben Probe das O_2-Hb- und das Hb-Spectrum.

Versuch 27. 0m 1 Gramm der Lösung unter die Haut des Rückens.

90m Herzstillstand: beide Spectra.

Diese Vergiftungsversuche mit subcutaner Injection von mehr als letalen Mengen arseniger Säure zeigen, dass in allen Fällen bei Warmblütern wie Kaltblütern auch nach dem letztem Athemzuge (3 bis 12 Minuten nach demselben bei Meerschweinchen) das Blut noch Sauerstoff enthält, auch nach dem Herzstillstande. Aber neben dem Sauerstoffhämoglobin enthäl

das Herzblut manchmal nach dem Tode durch arsenige Säure auch sauerstofffreies Hämoglobin.

3. Tod durch Blausäure. Meerschweinchen.

Nach Injection einer sehr grossen Menge zweiprocentiger Blausäurelösung unter die Haut gab bei Meerschweinchen das Blut das Spectrum sauerstofffreien Hämoglobins. Wird dagegen dieselbe Menge in ein Gefäss injicirt, so erhält man das Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 28. 0m 1 Gramm der erwähnten Blausäure in die *Jug. dextra* injicirt.

2m letzte Respirationsbewegung.

12m Herz macht noch schwache Zuckungen.

15m Sauerstoffhämoglobinspectrum.

Versuch 29. 0m 1 Gramm derselben Blausäurelösung unter die Rückenhaut injicirt.

1m beginnen Erstickungskrämpfe.

9,5m letzte Respirationsbewegung.

14,5m Brusthöhle geöffnet, Vorhöfe contrahiren sich noch.

19,5m fibrilläre Zuckungen am Herzen.

24m Spectrum des sauerstofffreien Hb.

Nach Injection der Blausäure in die Jugularvene war also 13 Minuten nach dem letztem Athemzuge, das Blut noch sauerstoffhaltig, nach subcutaner Injection war es 14½ Min. nach dem letzten Athemzuge sauerstofffrei.

C.

1. Tod durch Tracheaverschluss und Luftentziehung durch Ertränken.

Versuch 30. Meerschweinchen 607 Gramm schwer.

0m Trachea verschlossen.

1m Thier macht heftige Bewegungen. Erstickungskrämpfe.

3,5m letzte krampfhafte Inspirationsbewegung.

8,5m beim Eröffnen der Brusthöhle contrahiren sich noch die Kammern.

24m letzte Contraction der Kammern, Vorhöfe contrahiren sich noch fort. Spectrum des sauerstofffreien Hämoglobins.

Versuch 31. Meerschweinchen.

0m Trachea verschlossen.

3m letzte krampfhafte Inspirationsbewegung.

5m Blut der rechten Carotis untersucht. Das Spectroskop zeigte nur sauerstofffreies Hämoglobin an. Also 3, bez. 3½ Min.

nach dem Verschluss der Luftröhre hörte die Lungenathmung auf, und 24, bez. 5 Min. nach dem Tracheaverschluss wurde das Blut der Arterien sauerstofffrei gefunden bei Meerschweinchen.

Die Erstickungsversuche mit Fröschen ergaben, dass, wenn die Thiere unter ausgekochtes Wasser gebracht werden, schon nach 10^m das Herzblut sauerstofffrei ist. Perforirt man noch die Lungen, so dass sie collabiren, so tritt das Spectrum des sauerstofffreien Blutes schon nach 5^m auf.

Hat man, ohne die Lungen zu verletzen, das Herz frei gelegt, so kann man deutlich einen rechten venösen Theil der Kammer und einen linken arteriellen Theil derselben unterscheiden; giesst man nun über den Frosch eine $^1/_2$ proc. ausgekochte Kochsalzlösung, perforirt die Lungensäcke, so dass die Luft aus denselben entweicht, so kann man schon nach $3^1/_2{}^m$ makroskopisch keine Farbendifferenz mehr wahrnehmen. Davon kann man sich leicht überzeugen. In einem Falle verschwand schon der Farbenunterschied nach $1^1/_2$ Minuten. Daraus ersieht man, dass das Blut im Körper des Frosches ebenfalls sehr rasch seinen Sauerstoff verliert, wie auch folgende Beobachtung zeigt:

Versuch 32. Bei 4 Fröschen *(R. tempor.)* wurde das Spectrum reinen sauerstofffreien Hb beobachtet, nachdem sie beziehlich 10, 15, 10, 6 Min. unter ausgekochtem Wasser gehalten worden waren. Bei den zwei letzten waren die Lungen perforirt worden.

Versuch 33. Ein Frosch zeigte $1^1/_2$ Min. nach Perforation der Lungen unter Wasser keinen Farbenunterschied des Kammerblutes und dieses nach weiteren $3^1/_2$ Min. das Spectrum des sauerstofffreien Hämoglobins. Wie lange aber ein Frosch ohne Sauerstoffzutritt seine Lebensfähigkeit behalten kann, lässt sich nicht wohl angeben (Vgl. auch Vers. 38 u. 39).

Wenn man 2 Frösche unter gleichen Bedingungen eine bestimmte Zeit unter Luftabschluss lässt, so erholt sich oft der eine wieder, während der andere stirbt. Bei dem, der stirbt, hat die elektrische Erregbarkeit immer mehr abgenommen als bei dem andern, wenn man im Augenblick der Befreiung prüft.

2. Tod durch Pneumothorax.

Versuch 34. Es wurden einem Meerschweinchen beide Seiten des Thorax perforirt.

0^m Luft eingeblasen.
2^m letzte inspiratorische Bewegung.
7^m Spectrum sauerstofffreien Blutes.

Versuch 35. 0m Luft eingelassen.
1,5m letzte Inspiration.
3,5m Dasselbe Spectrum.

3. Tödtlicher Stich in das verlängerte Mark. Meerschweinchen.

Mit einer spitzigen Nadel wurde zwischen Hinterhauptsbein und erstem Halswirbel eingestochen.

Versuch 36. 0m Einstich.
2m letzte Inspiration.
5m Spectrum O-freien Bluts. Herz contrahirt sich noch fort.

Versuch 37. 0m Einstich.
2m letzte Respirationsbewegung.
4m Spectrum wie eben. Herz contrahirt sich noch fort.

4. Tödtlicher Schlag auf den Kopf.

Das Herzblut der durch einen sehr starken Schlag auf den Kopf getödteten Meerschweinchen gab immer nur das Spectrum sauerstofffreien Blutes.

5. Tod durch Luftverdünnung.

Frösche wurden unter den Recipienten der Luftpumpe gebracht und die Luft wurde sogleich ausgepumpt. Beim Beginn des Verdünnens der Luft secerniren die Hautdrüsen sehr stark; das Rectum prolabirt bisweilen, der Frosch athmet mit geöffnetem Munde und es treten später lange Athempausen ein.

Versuch 38. 0m Beginn der Luftauspumpung, die Hautdrüsen fangen während des Auspumpens stark zu secerniren an. Das Manometer zeigt 5 Millim. nach 5 Minuten.

Nach 22m athmet der Frosch mit geöffnetem Munde; die Respiration sehr unregelmässig, ausgiebigere und schwächere Athemzüge wechseln mit einander ab.

120m Respirationspausen von 24 Secunden, dann folgen wieder 31 und mehr Respirationen schnell hintereinander.

165m 60 Secunden lang keine Athembewegung sichtbar.

300m Der aus der Pumpe herausgenommene Frosch erholt sich.

Versuch 39. 0m *Ran. temp.* unter den Recipienten.
15m Manometer 3 Millim.
180m Das Thier befreit.
190m Herz contrahirt sich noch. Der Frosch sehr aufgetrieben. Spectrum des sauerstofffreien Hb.

Versuch 40. Zwei gleichartige Frösche unter die Glocke der Luftpumpe gebracht.

0m unter die Glocke.

5m Manometer 5 Millim.

475m beide aus der Glocke genommen; beide reflexlos. Herz contrahirt sich noch. Das Herzblut des einen gibt das Spectrum des O-freien Hb, also ist höchstwahrscheinlich auch das des andern sauerstofffrei. Der andere Frosch aber erholt sich an der Luft.

6. Tod durch Erwärmung.

Die Meerschweinchen wurden in einen Blechkasten gebracht und derselbe erwärmt. Die Respiration steigert sich allmählig so sehr, dass die Athemzüge nach einer gewissen Zeit nicht mehr zu zählen sind, bald darauf werden sie wieder weniger frequent.

Versuch 41. Meerschweinchen. Rectaltemperatur 38° C.

0m in eine Lufttemperatur von 60° C.

30m Rectaltemperatur 46°.

35m letzte Respiration. Lufttemperatur + 63°.

40m Herzblut sauerstofffrei.

Versuch 42. Meerschweinchen. Rectaltemp. $37^3/_4$°.

0m Lufttemperatur 46°.

100m Lufttemperatur 42°.

105m schnappende Athembewegungen, man hört schnurrende Athemgeräusche.

120m Rectaltemperatur 45°.

125m Lufttemperatur 39°.

125m letzter Athemzug. Lungen liessen sich nicht mehr aufblasen, zeigten dunkle Stellen an der Oberfläche.

130m Spectrum des sauerstofffreien Hb.

Versuch 43. Meerschweinchen. Körpertemperatur 38°. Zimmertemperatur 15°.

0m Thier in eine Luft von 41°.

15m Lufttemperatur 43°. Thier wird sehr unruhig, Respiration beschleunigt.

30m Lufttemperatur 41°.

60m 39°. Klonische Krämpfe treten auf, das Thier legt sich auf die Seite, nachdem es vorher lebhaft umhergelaufen. Rectaltemperatur 45°.

75m letzter Athemzug. Rectaltemperatur 45°.

80m Spectrum des sauerstofffreien Hb. Die Lungen lassen sich aufblasen.

Versuch 44. Meerschweinchen. Rectaltemperatur 38°. Zimmertemperatur 15°.

0m Thier in eine Luft von 41°.

15m Lufttemperatur 47° Cels. Resp. 100 in 1m.

30m Athemzüge nicht mehr zu zählen.

60m Lufttemperatur 51°, zuckende Bewegungen der Extremitäten.

65m Resp. 30 in $^1/_2$m.

70m Lufttemperatur 48°. Rectaltemperatur 44,75°.

77m Resp. 17 in 1m.

82m Respiration schnappend.

88m letzter Athemzug.

94m Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb.

Vers. 45—48: Versuche mit Fröschen.

Die Frösche wurden in ein Gefäss gebracht, das wenig warmes Wasser enthielt.

Versuch 45. *Ran. temp.* Das Wasser wurde erwärmt von 29° bis 40°.

45m Extremitäten, Bauchmuskeln wärmestarr. Herz contrahirt sich noch. Spectrum des Herzblutes: Hämoglobin sauerstofffrei.

Versuch 46. 0m Frosch in Wasser von 39°.

23m Hämoglobin sauerstofffrei.

Versuch 47. 0m Frosch in Wasser von 39°.

30m Muskeln wärmestarr. Herz contrahirt sich noch, ist dilatirt, Hämoglobin sauerstofffrei.

Versuch 48. Frosch von 0m bis 120m von + 15° auf 33,5° erwärmt. Die Athembewegungen wurden immer schneller; bei 30° wird der Frosch sehr unruhig und sucht auf alle mögliche Weise sich aus dem ihm unangenehmen Zustande zu befreien. Dann fällt er beim Springen auf den Rücken; Reflexlosigkeit, Wärmestarre tritt ein.

120m Herz schlägt noch. Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb.

7. Tod durch Erfrieren bei Fröschen.

Frösche zeigen hier ein ganz anderes Verhalten als Meerschweinchen. Bei den Fröschen können die Extremitäten und Bauchmuskeln hart gefroren sein und das Herz contrahirt sich

noch fort. Bei einem Frosche, der einer Kälte von — 6° bis — 12° ausgesetzt worden war, war die Kammer fest gefroren, die Vorkammern contrahirten sich aber noch fort und hatten eine arterielle Farbe; bei drei andern Fröschen waren aber auch die Vorkammern gefroren, und das Herz war bei allen dreien venös gefärbt.

Versuch 49. Bei weiteren fünf Fröschen, die in einer Mischung von Eis und Kochsalz erfroren waren, waren die Herzen fest und beim Aufthauen zeigten sie sämmtlich eine venöse Farbe.

In einem Falle gelang es gut Blut in die Spritze einzuziehen. Dasselbe zeigte eine violette Farbe und das Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb. Also wird bei den Kaltblütern schon vor dem Festfrieren der Blutsauerstoff verbraucht, während Warmblüter erfrieren, ohne dass der Blutsauerstoff aufgezehrt wird.

8. Tod durch Nitrobenzol.

Versuch 50. 0^m *Ran. temp.* 0,3 Gramm reines Nitrobenzol unter die Rückenhaut injicirt.

5^m athmet das Thier mit geöffnetem Munde, dann kann es die Extremitäten nicht mehr zum Fortbewegen benutzen, obgleich es sie noch an- und abziehen kann. Opistotonus tritt ein.

20^m Respiration hat aufgehört.

21^m 21 Herzcontractionen in 1^m.

65^m 11 Herzcontractionen in 1^m.

80^m 15 Herzcontractionen in 1^m unregelmässig, oft 3 schnell hintereinander, dann längere Pausen; dieses dauert bis

186^m keine Herzcontractionen äusserlich mehr wahrnehmbar. Opistotonus. An der Unterkieferregion ist eine violette Färbung der Haut zu bemerken (Anilinbildung?).

188^m Thorax geöffnet, beim Einstich in's Herz macht dasselbe noch einige Contractionen. Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb. Deutlicher Geruch des Blutes nach Bittermandelöl.

9. Tod durch Chloroform.

Versuch 51. Meerschweinchen. Das Thier athmet unter einer Glasglocke Chloroform ein.

0^m Beginn der Inhalation.

13^m letzte Athembewegung.

20^m Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb.

Versuch 52. Versuch mit *Ran. tempor.* wie eben ausgeführt.

0m Frosch unter die Glocke.

58m Vorderfüsse in einander verschränkt, stark ausgeprägte Todtenstarre der hinteren Extremitäten. Herz dunkelbraunroth gefärbt, dilatirt; Kammer contrahirt sich nicht mehr, aber noch die Vorkammern.

60m Hämoglobinspectrum. Kein O_2-Hb.

Anm.: Es gelang, Blut mit dem Hb-Spectrum in dünnen Schichten unter das Mikroskop zu bringen. Die Farbe des einzelnen Blutkörperchens war eine deutlich violette, mit Luft in Contact gebracht, trat wieder die gelbrothe Färbung desselben auf. Ich habe mich mehrmals davon überzeugt, dass die Färbung des einzelnen ganz frischen Blutkörperchens im sauerstofffreien Blute unter Luftabschluss violett ist. (Hartnack Immersion 9.)

10. Tod durch Alkohol.

Versuch 53. 0m 2 Gramm etwa 50procentigen Alkohol unter die Rückenhaut injicirt. Frosch.

20m Hämoglobinspectrum ohne Sauerstoffhämoglobin.

11. Tod durch Arsenwasserstoffgas.

Das Arsenwasserstoffgas wurde bereitet aus Arsenzinn und Chlorwasserstoff.

Versuch 54. 0m *Rana temp.* unter eine Glocke mit Arsenwasserstoffgas.

126m Frosch aus der Glocke genommen, Herz pulsirt noch.

129m Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb.

Versuch 55. 0m Frosch unter eine Glocke mit Arsenwasserstoffgas.

4m das sehr unruhige Thier athmet mit offenem Munde.

180m pulsirt das Herz noch, ist aber venös gefärbt, Hämoglobinspectrum. Kein O_2-Hb.

12. Tod durch Jod.

Versuch 56. Jod verdunstet unter einer Glasglocke und in diese Atmosphäre wird ein Frosch gebracht. Nach 330m ist derselbe reflexlos. Das Herz schlägt noch beim Eröffnen des Thorax. Hämoglobinspectrum ohne Sauerstoffhämoglobin.

13. Tod durch Physostigmin.

Versuch 57. Meerschweinchen 487 Gramm.

0^m 4 Gramm einer einprocentigen wässerigen Lösung subcutan injicirt.

25^m letzte Respirationsbewegung.

28^m Thorax geöffnet; Herz contrahirt sich noch. Rechte und linke Vorkammer und *Vena cava*, sowie die Pulmonalvenen venös gefärbt.

32^m Das Herz macht noch wurmförmige Contractionen bis zur $37.^m$

32^m Einstich in die linke Herzkammer: Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb.

Ein anderer Versuch fiel ebenso aus.

14. Strychninvergiftung.

Versuch 58. Kaninchen. 1130 Gramm Körpergewicht.

0^m Salpetersaures Strychnin subcutan injicirt.

13^m Krämpfe.

34^m letzte Athembewegung.

38^m Spectrum sauerstofffreien Hämoglobins. Noch fibrilläre Zuckungen am Herzen wahrzunehmen.

Anm.: **Versuch 59.** Obwohl es bei diesem Versuche nicht zur Blutuntersuchung kam, mag er hier wegen seines protrahirten Verlaufes eingeschaltet werden.

Einem Frosche *(Ran. temp.)* wurde am 21 December 1873 Vormittags 10 Uhr ein Milligramm salpetersauren Strychnins in wässeriger Lösung injicirt. Nach 5 Minuten trat Tetanus ein. Die Tetanusanfälle dauerten mit ungleichen Unterbrechungen bis zum 11. Januar 1874 und der Frosch war bis dahin unfähig, seine Extremitäten zu gebrauchen. Bei dem geringsten Reiz trat Tetanus ein.

Am 11. Januar konnte er wieder die hinteren Extremitäten anziehen, auf Reize trat aber immer noch Tetanus auf.

Am 12. Januar konnte er sich auch wieder der vorderen Extremitäten bedienen, die sich vorher immer in der bekannten Verschränkung des Strychnintetanus befunden hatten. Am 13. Januar war der Frosch wieder vollkommen gesund und kein Reiz rief wieder Tetanus hervor.

Zu bemerken ist, dass das Thier vom 24. December bis 5. Januar unter einer Glasglocke geblieben war, ohne dass das Wasser gewechselt wurde. Zum Schutze gegen das Vertrocknen

der Haut war ihm über dieselbe feuchtes Löschpapier gelegt worden.

Versuch 60. Frosch. Grosse Dosis Strychnin injicirt.

30^{m} Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb. Der Einstich in das Herz während dasselbe sich noch contrahirte. Nach 48 Stunden contrahirten sich noch die Vorkammern des reflexlos unter einer Glasglocke liegenden und gegen Eintrocknung geschützten Frosches.

Versuch 61. Frosch. 3 Decigramm einer Lösung von salpetersaurem Strychnin injicirt (Solut. von 0,1:30,0). Nach

3^{m} tritt Tetanus auf.

139^{m} unter Wasser befestigt.

164^{m} Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb. Nach 12 Stunden respirirt der Frosch noch und das Herz schlägt an der Luft weiter.

Anm.: **Versuch 62.** 0^{m} Einem enthäuteten Frosch wurde Strychninlösung auf die Muskeln geträufelt. Derselbe bekam so starken Opistotonus, dass der Kopf mit dem Rücken nahezu einen rechten Winkel bildete. Der Strychnintetanus tritt bei Fröschen, wie ich durch besondere Versuche feststellte, auch in reinem Sauerstoffgas auf.

15. Tod durch salzsaures Chinin.

Versuch 63. Meerschweinchen. Rectaltemperatur 38,5°.

0^{m} 7 Gramm einer concentrirten wässerigen Lösung unter die Haut an verschiedenen Stellen injicirt.

17^{m} Chininrausch tritt ein, die Fluchtversuche gelingen nicht, da die Coordination der Bewegungen gestört ist.

47^{m} Rectaltemperatur 31,2°.

53^{m} letzte Respirationsbewegung.

56^{m} Thorax geöffnet. Herz contrahirt sich noch beim Eröffnen des Pericards.

Linke Vorkammer wie die Pulmonalvenen venös gefärbt. Hämoglobinspectrum ohne Sauerstoffhämoglobin.

Versuch 64. Ein Meerschweinchen wurde mit einer unbestimmten Dosis Chinin vergiftet. Das Gift successive subcutan injicirt.

0^{m} Beginn der Injection.

282^{m} Rectaltemperatur 26,5°.

307^{m} letzte Inspiration. Rectaltemperatur 26°. Thorax geöffnet, Herz schlägt noch 25 Minuten fort.

Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb.

Versuch 65. *Ran. temp.* Ein Gramm concentrirter wässeriger Lösung von salzsaurem Chinin.

0^m unter die Rückenhaut injicirt.

45^m Frosch unter Wasser gebracht.

75^m Hämoglobinspectrum, kein O_2-Hb.

Versuch 66. 0^m *Rana temp.* Ein Gramm ebenso wie in Versuch 65.

50^m Thorax geöffnet, Herz stand still, venös gefärbt, fängt aber wieder an sich zu contrahiren.

52^m Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb. Das Herz schlägt an der Luft noch 4 Stunden weiter.

16. Tod durch Nicotin.

Das Präparat war frisch dargestellt und farblos: reines Nicotin.

Versuch 67. 584 Gramm schweres Meerschweinchen.

0^m 5 Centigramm subcutan injicirt in der Halsgegend.

7^m letzte Athembewegung.

17^m Thorax geöffnet, das Herz macht noch einige schwache Contractionen, dagegen contrahiren sich noch lebhaft die Vorkammern. Auch die linke Vorkammer venös gefärbt.

18^m Hämoglobinspectrum. Kein O_2-Hb.

Versuch 68. Meerschweinchen 597 Gramm wiegend. 5 Centigramm injicirt.

0^m Injection. Bald nach derselben Respiration beschleunigt, das Thier legt sich auf die Seite, schliesst die Augen, bekommt allgemeine Krämpfe mit Opistotonus.

11^m nach 30 Secunden Pause schnappender Athembewegungen.

12$^1/_4{}^m$ letzte Inspiration.

17^m Brusthöhle geöffnet, das Herz contrahirt sich noch.

32^m Einstich in den linken Ventrikel: Hämoglobinspectrum, kein O_2-Hb.

37^m Das Herz contrahirt sich noch.

In einigen anderen Versuchen, die in Bezug auf das Spectrum ganz gleich ausfielen, war ebenfalls beschleunigte Athmung, dann Cyanose, herabgesetzte Reflexerregbarkeit, Salivation, Zitterkrämpfe, Manège-Bewegung nach links zu beobachten.

Bei einem Thiere, welches sich wieder erholte, blieb noch längere Zeit Tremor zurück.

17. Tod durch Kalisalpeter.

Versuch 69. Frosch. 0^m 1 Gramm zehnprocentiger wässeriger Lösung unter die Haut.

25^m Herz steht diastolisch still; enthält sauerstofffreies Hämoglobin; nach dem Einstich noch einzelne Contractionen.

Versuch 70. Frosch. 0^m 2 Gramm der gleichen Lösung subcutan injicirt.

15^m Herz steht still, dunkel venös gefärbt. Hämoglobinspectrum ohne O_2-Hb.

Ein dritter Versuch ergab dasselbe Resultat.

18. Tod durch Natronsalpeter.

Versuch 71. Einem Frosche wurde chemisch reines salpetersaures Natron in zehnprocentiger wässeriger Lösung subcutan injicirt und zwar zwei Gramm. Nach 5 Stunden war er reflexlos. Das Herz contrahirte sich jedoch noch. Sein Blut zeigte nur das Spectrum des sauerstofffreien Hämoglobins.

Aus den Versuchen dieser Abtheilung (C) ergibt sich für Warmblüter (Meerschweinchen), dass die Unterbrechung der Zufuhr atmosphärischen Sauerstoffs durch Pneumothorax am schnellsten den Tod herbeiführt (letzter Athemzug nach $1^1/_2$ und nach 2 Minuten), dann folgt Zerstörung des verlängerten Marks (letzter Athemzug nach 2 Minuten) und Tracheaverschluss (3 bez. $3^1/_2$ Minuten). Die Einathmung erwärmter oder chloroformhaltiger Luft tödtet ebenso wie die Vergiftung mit Nicotin, Physostigmin, Strychnin, Chinin lange nicht so schnell, die Einathmung wasserfreier Blausäure aber noch schneller.[1]) Injection von Oel in eine Vene kann (Versuch 14) schon nach $3^1/_2$ Min. den Eintritt des letzten Athemzuges zur Folge haben. Das Blut wurde frei von Sauerstoff gefunden

$3^1/_2$ Min. nach dem doppelseit. Stich in den Thorax (Vers. 35).
4 „ „ „ Stich in das verlängerte Mark (Vers. 37).
5 „ „ „ Tracheaverschluss (Vers. 31).
$7^1/_2$ „ „ „ Einspritzen von Oel in die Vene (Vers. 14).

Also kann bei Meerschweinchen in $3^1/_2$ Min. sämmtliches Sauerstoffhämoglobin vollständig dissociirt, d. h. der Hämoglobinsauerstoff festgebunden werden. Bei Fröschen, die unter luftfreies Wasser gelangen, ist nach 5 bis 15 Min. (Vers. 32 u. 33), bei solchen, die mit Kalisalpeter getödtet werden, 15 bis 25 Min.

[1]) Preyer, Die Blausäure II, S. 62.

nach Einführung des Giftes (Vers. 69 u. 70), bei solchen, die mit Alkohol getödtet werden, nach 20 Min. (Vers. 53), bei solchen, die durch Erwärmung (Vers. 46) sterben, 23 bis 120 Min. nach dem Beginn derselben, (Vers. 45—48), bei solchen endlich, die mit Strychnin getödtet werden, manchmal schon nach 30 Min. (Vers. 60) kein Hämoglobinsauerstoff im Herzblut nachweisbar. Also können Frösche in 5 bis 30 Min. bei den verschiedensten Todesarten ihren sämmtlichen Blutsauerstoff verbrauchen, am schnellsten, wenn die Haut und Lungen zugleich von der Luft abgesperrt sind (5 Min.).

D.

Verändertes Spectrum.

1. Tod durch Schwefelwasserstoff.

Die Thiere wurden in eine Glocke gebracht, durch die fortwährend ein Strom des Gases ging. Dasselbe war bereitet aus Schwefeleisen und Salzsäure und gehörig gewaschen.

Versuch 72. Meerschweinchen. 0^m unter die Glocke.

$1{,}5^m$ letzte Athembewegung.

7^m Das Herzblut unter Luftabschluss, wie bisher alle Proben, untersucht gibt das Spectrum, welches dem noch hypothetischen Schwefelsauerstoffhämoglobin [1]) zugehört.

Versuch 73. Meerschweinchen. 0^m unter die Glocke.

$1{,}5^m$ letzte Athembewegung.

4^m Blutspectrum wie bei Vers. 72.

Versuch 74. Meerschweinchen. 0^m unter die Glasglocke.

1^m letzter Athemzug.

7^m Blutspectrum in dem angeführten Werk Taf. II, 6.

Versuch 75. Meerschweinchen. 0^m unter die Glocke.

$^1/_2{}^m$ fällt das Thier um.

1^m letzte Athembewegung.

6^m Blutspectrum wie in Vers. 74.

Versuch 76. Meerschweinchen. 0^m unter die Glocke.

1^m letzte Athembewegung.

5^m Blutspectrum wie im Versuch 74.

Versuch 77. Frosch. 0^m unter die Glocke.

87^m Das Herzblut gibt auch hier das Spectrum der sauer-

[1]) Preyer, Die Blutkrystalle, Taf. II, 5. S. 157. 234. Jena 1871.

stofffreien Schwefelverbindung wie in Vers. 74. Ein anderer Frosch ebenso, nachdem er 57 Min. unter der Glocke verweilt hatte; das Herz stand dann still.

2. Tod durch salpetrigsaures Kali. Frösche.

Versuch 78. 0m 1 Gramm einer Solution von 10:50 injicirt.

65m Herz diastolisch ausgedehnt, steht still, dunkler als gewöhnliches venöses Blut.

68m 2 verwaschene Streifen α und β mit γ (in der citirten Schrift Taf. II, 3).

Versuch 79. 0m 1 Gramm wie eben.

55m Spectrum wie eben.

Versuch 80. 0m 1 Gramm einer (5:50) Solution.

40m bleibt das Herz plötzlich still stehen, dunkel gefärbt. Im Blutspectrum Taf. II, 3. (l. c.) α und β verwaschen, γ sichtbar.

Versuch 81. 0m 1 Gramm Lösung (5:100) unter die Rückenhaut.

60m Hb-Spectrum mit γ (II, 3).

3. Tod durch salpetrigsaures Amyloxyd.

Meerschweinchen inhalirten salpetrigsaures Amyloxyd unter einer Glasglocke.

Versuch 82. 0m in die Glocke.

6m Thränenfluss, das Thier fällt um; allgemeine Krämpfe.

9m letzte Athembewegung.

12m Brusthöhle geöffnet, noch schwache Herzcontractionen wahrnehmbar. Spectrum dem auf Tafel II, 3 (l. c.) ähnlich. Das aus dem Herzen fliessende chocoladenfarbige Blut gerinnt. α und β waren unter Luftabschluss sehr schwach sichtbar, δ dunkler und breiter. An der Luft werden α und β deutlicher, δ wieder schwächer.

Versuch 83. Das Herzblut dreier Frösche gab, nachdem dieselben bez. 63, 75 und 160 Min. lang sich unter einer Glasglocke befunden hatten, in der Amylnitrit verdampfte, unter Luftabschluss das Spectrum Taf. II, 3 (l. c.). Alle dreFrös che zeigten stark ausgeprägte Todesstarre.

4. Tod durch Leuchtgas.

Versuch 84. Frosch nach einem Aufenthalt von 35m in einer reinen Kohlensäureatmosphäre reflexlos. Thorax geöffnet. Das Thier machte während dieser Operation nicht die geringste

Bewegung. Das Herz contrahirte sich aber noch. Als das Thier jetzt einer Leuchtgasatmosphäre ohne Luft ausgesetzt wurde, bekam es Zuckungen und das Herzblut zeigte nach 2 Stunden das Spectrum des Kohlenoxydhämoglobins.

Versuch 85. Ein junges Meerschweinchen fing beim Einathmen des Leuchtgases zu zittern an, fiel bald um und athmete nach 5^m zum letzten Male.

7^m Einstich ins Herz. Kohlenoxydhämoglobinspectrum. Das Herz hatte eine hellkirschrothe Farbe.

Demzufolge wird bei Meerschweinchen, die 1 bis $1^1/_2$ Min. nach Beginn der Schwefelwasserstoffgaseinathmung ihre Respiration ganz einstellen, 4 bis 7 Min. nach Beginn der Gifteinathmung das Sauerstoffhämoglobin zur Erhaltung des Lebens untauglich (Vers. 72 bis 76), bei Amylnitrit und Kohlenoxyd war dasselbe 12, bez. 7 Min. nach Beginn der Gifteinnahme der Fall. Mit Kaliumnitrit vergiftete Frösche zeigten nach 40 bis 68 Min. (Vers. 78 bis 81), mit Amylnitrit vergiftete nach 63 bis 160 Min. zur Sauerstoffaufnahme untaugliches Hämoglobin. Versuch 84 zeigt, dass auch der Frosch, welcher seinen Hämoglobinsauerstoff verbraucht hat, Kohlenoxydhämoglobin in seinem Blute bildet.

III.

Von der Dissociation des Sauerstoffhämoglobins durch lebende Gewebe.

Obgleich viele Körper bekannt sind, welche ähnlich wie das Schwefelammonium die Eigenschaft besitzen, unzersetztes Sauerstoffhämoglobin so zu dissociiren, dass das Hb sich sofort bei Zutritt atmosphärischen Sauerstoffs wieder mit diesem vergesellschaftet, wie Schönbein es ausdrückte, so sind doch bis jetzt nur wenige Versuche über die Hauptfrage auf diesem Gebiete angestellt worden: Welche Gewebe und Gewebsbestandtheile des fötalen und des entwickelten kaltblütigen und warmblütigen Organismus sind es, die dem Sauerstoffhämoglobin in den Blutcapillaren den Sauerstoff so entziehen, wie es die Versuche darthun? Einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage geben die folgenden, freilich sehr fragmentarischen Beobachtungen und Experimente.

1. Dissociation durch den lebenden Herzmuskel.

Die in dem ersten Abschnitt dieser Abhandlung mitgetheilten Versuche an Meerschweinchen haben gezeigt, dass auch, wenn kein Hämoglobinsauerstoff im Herzblut mehr nachweisbar ist, das Herz noch kurze Zeit fortschlägt. Dies ist auch bei Amphibien der Fall. Man muss sich aber wohl hüten hieraus zu folgern, dass die Herzsubstanz (das Muskelhämoglobin des Herzmuskels) keinen disponiblen Sauerstoff mehr enthalte. Im Gegentheil die Thatsache, dass das durch Erstickung zum Stillstand gebrachte Herz wieder anfängt zu schlagen, wenn nur von aussen atmosphärische Luft zutritt, macht es in hohem Grade wahrscheinlich, dass eben das Hämoglobin des

Herzmuskels es ist, welches den Sauerstoff, dessen jede einzelne Systole bedarf, an sich reisst. Daher vielleicht die grosse Geschwindigkeit, mit der das schlagende Herz sein eigenes Blut dissociirt im Gegensatz zu der langen Conservirung des Blutsauerstoffs im ruhenden Herzen, wo eben das Muskelhämoglobin seinen Sauerstoff nicht so schnell abgibt. Das Nähere lehren die Versuche.

Versuch 86. Ein Frosch wurde in ein mit Wasser gefülltes Kölbchen mit weitem Halse gesteckt, die eine hintere Extremität etwas hervorgezogen und der Hals des Glases mit dem Froschschenkel luftdicht abgeschlossen. Die Schwimmhautgefässe des Frosches wurden direct mikrospectroskopisch betrachtet; nach 55 Minuten zeigte sich noch in den Schwimmhautgefässen das O_2-Hb Spectrum. Das Herzblut gab 10 Min. darauf unter Luftabschluss untersucht das Spectrum des sauerstofffreien Blutroth.

Dieser Versuch beweist, dass das Blut der oberflächlichen Hautgefässe fortwährend Sauerstoff aufnimmt, dieses Blut aber sehr schnell wieder in Hb-Blut verwandelt wird, denn sonst müsste sich im Herzblut Sauerstoff nachweisen lassen.

Versuch 87. Das Herz eines Frosches wurde in dem Moment unterbunden, in dem sich deutlich arterielle und venöse Farbe der Kammer unterscheiden liess. Das aus dem Körper herausgeschnittene Herz kam in $^1/_2$procentige ausgekochte Kochsalzlösung. Die Luft war durch eine Oelschicht abgehalten. Nach 3 Stunden 45 Min. enthielt das Blut des ruhenden Herzens noch Sauerstoff.

Versuch 88 wird in derselben Weise angestellt, wie der vorige. Nach 2 Stunden 30 Min. contrahirt sich das Herz noch auf mechanischen Reiz. Nach 6 Stunden Sauerstoffblutspectrum und das Herz contrahirte sich noch beim Einstich.

Aus diesen beiden Versuchen folgt, dass auch unter Luftabschluss die Innenwand des ruhenden unterbundenen Herzens nicht im Stande ist, die vollständige Dissociation des Sauerstoffhämoglobins im Herzblut innerhalb mehrerer Stunden zu bewirken, wobei das Herz schlagfähig bleibt.

Versuch 89. Ein Frosch blieb eine Stunde unter Wasser, so dass das Herzblut ganz sicher sauerstofffrei (Vers. 32) wurde. Dann wurde das Herz unter ausgekochter $^1/_2$procentiger Kochsalzlösung unter Luftabschluss unterbunden. Es contrahirte sich darin nicht. Dass es aber noch lebensfähig war, beweist

der Umstand, dass es sich nach 3 Minuten noch auf mechanischen Reiz zusammenzog. Nach 15 Minuten wird es wieder auf mechanische Reizbarkeit geprüft. Es ist unerregbar.

Versuch 90. Ein Frosch verweilte in 2 Deciliter Wasser unter Luftabschluss 4 Stunden lang; sein Blut enthielt also keinen Sauerstoff mehr; dann wurde der Thorax unter Wasser geöffnet und das Herz unterbunden. In ausgekochter ½ procentiger Kochsalzlösung contrahirte es sich 20 Min. lang nicht.

Die Contractionen traten aber wieder ein nach Entleeren des Blutes an der Luft.

Versuch 91. In einem andern Versuche blieb ein Frosch 2 Stunden 55 Min. unter Wasser; sein Blut enthielt also keinen Sauerstoff mehr, dann wurde das Herz unterbunden. Nach der Unterbindung keine Contractionen mehr. Darauf in unausgekochte Kochsalzlösung gebracht, fängt es wieder an sich zu contrahiren und macht ungefähr alle 8 Secunden eine Contraction. Die Contractionen wurden über eine halbe Stunde lang beobachtet.

Versuch 92. Es wurde einem Frosch eine tödtliche Dosis salzs. Strychnin injicirt. Nachdem die Tetanusanfälle aufgehört hatten, wurde eine Nadel in's Herz eingestochen und diese bewegte sich die 94. Minute nach der Injection nicht mehr. Die 154. Minute wurde der Thorax geöffnet. Das Herz, welches nach den oben mitgetheilten Versuchen (60 u. a.) nur sauerstoffreies Hb enthalten konnte, diastolisch still stehend, dilatirt, venös gefärbt. Nach 25 Minuten in Contact mit der Luft fingen die Vorhöfe wieder an, sich zu contrahiren, und bald darauf auch wieder die Kammer. Das Herz contrahirte sich noch 16 Stunden lang.

Versuch 93. 2 Frösche, a und b, wurden mit gleichen Mengen Strychnin vergiftet und ebenfalls nach dem Aufhören der Tetanusanfälle Insectennadeln in's Herz gesteckt. Fast zu gleicher Zeit hörten beide Nadeln auf sich zu bewegen, ungefähr die 110. Minute.

Der Thorax von a wurde nicht geöffnet. Der Thorax von b wurde in der 150. Minute geöffnet; nach 20 Minuten fängt das Herz von b an sich zu contrahiren und contrahirt sich über 24 Stunden fort, während das Herz von a sich nicht wieder bewegt hatte.

Lässt man Frösche ersticken, so nimmt die Herzthätigkeit sehr allmählig an Frequenz ab, obgleich der Sauerstoff aus dem Herzblut schnell verschwindet. Sie sank in einem Falle in einem

Zeitraum von 2 Stunden 10 Minuten von 30 Herzschlägen in 1 Minute auf 2 in einer Minute; als dann das Wasser abgegossen worden und das Herz 30 Minuten der Luft exponirt gewesen war, stieg die Schlagzahl wieder auf 10 in einer Minute. In einem 2. Falle sank in 2 Stunden die Herzthätigkeit von 30 in einer Minute auf 4, und nachdem wieder die Luft hinzugetreten (nach einer Stunde), stieg sie auf 15 in einer Minute, nach 4 Stunden auf 23 in einer Minute.

Für die Zeit, in welcher Herzstillstand eintritt, lässt sich keine genaue Grenze angeben, da dieses u. a. auch von der Menge des Wassers und dem Luftgehalte desselben abhängt. Ein Beispiel.

Versuch 94. Ein Frosch wurde in 1,5 Deciliter ½ procentiger Kochsalzlösung mit eröffneter Brusthöhle unter Luftabschluss (Oel) gesetzt und die Schlagzahl des Herzens (für je 1 Minute) von 5 zu 5 Minuten gezählt. Es wurden folgende Werthe erhalten:

0m	30.	10m	26.	15m	36.
20m	28.	25m	26.	30m	27.
30m	27.	35m	26.	40m	24.
45m	24.	50m	23.	55m	20.
60m	16.	65m	13.	70m	12.
75m	11.	80m	7.	85m	9.
90m	7.	95m	8.	100m	6.
105m	6.	110m	4.	115m	3.
120m	2.	125m	2.	130m	Luft wird zugelassen.
135m	3.	140m	3.	145m	8.
150m	10.	155m	15.	bewegt wieder die Extremitäten und erholt sich.	

Also ist gewiss, dass

1) Im ruhenden unterbundenen ausgeschnittenen Froschherzen auch unter Luftabschluss der Sauerstoff weniger schnell aus dem Blute verschwindet, als im schlagenden nicht unterbundenen Herzen des unter Luftabschluss gehaltenen Thieres;

2) Das nur sauerstofffreies Blut enthaltende unterbundene Froschherz, welches unter Luftabschluss nicht schlägt, aber längere Zeit seine Schlagfähigkeit behält, durch Zutritt von Sauerstoff an seine äussere Oberfläche allein wieder anfängt zu schlagen;

3) Die Frequenz der Herzschläge nach Absperrung der Luft vom ganzen Frosche nach einer bald vorübergehenden ge-

ringen Herabsetzung und dann Erhöhung in einigen Stunden bis Null fällt;

4) Ein Frosch, welchem während einer so langen Zeit die Luft entzogen wurde, dass sein Herz stillsteht und dass er bei Luftzufuhr zum ganzen Thier ohne Eingriff nicht wieder auflebt, doch sich vollständig erholen kann, wenn die Luft direct mit dem Herzen in Berührung tritt.

Bei den folgenden Versuchen handelt es sich darum, zu ermitteln, welche Organe, beziehlich Gewebe dem Sauerstoffhämoglobin des Blutes den Sauerstoff am schnellsten entziehen. Da nur mit Blutlösungen und Geweben ausserhalb des Körpers experimentirt wurde, so können die Resultate nicht auf circulirendes Blut übertragen werden, aber die grossen Unterschiede der beobachteten Dissociationszeiten je nach der Natur des Gewebes, wenn sie für den lebendigen Organismus auch nicht ebenso wie für die künstlichen Gemische Geltung haben, dürfen nicht ausschliesslich auf Fäulnisserscheinungen zurückgeführt werden, denn die verwendeten Muskeln bleiben nach dem Versuche noch erregbar, und die sauerstoffentziehende Wirkung des Lebergewebes (auch bei 0°) und der Gehirnsubstanz ist so energisch, dass in der ganzen Zeit der Einwirkung derselben auf die Blutlösung (einmal nur 4 Minuten), welche bis zum Eintritt der Dissociation des Sauerstoffhämoglobins vergeht, die Fäulniss schwerlich zur Herbeiführung der letzteren ausreichen wird. Angenommen aber, alle Versuche seien durch die Bildung von Fäulnissproducten, die mit grösster Begier den Hämoglobinsauerstoff an sich reissen, so ausgefallen wie sie ausfielen, so ist damit durchaus nicht gesagt, dass nicht ähnliche Producte im lebendigen Organismus bei der Dissociation des Sauerstoffhämoglobins betheiligt seien. Und darum behalten die Experimente in jedem Falle ein physiologisches Interesse.

2. Dissociation durch Muskelgewebe der Extremitäten.

Die Versuche über die Dissociation durch die lebenden Muskeln der Extremitäten wurden in der Weise angestellt, dass einem verbluteten Frosch der *N. Ischiadicus* einer Extremität durchschnitten wurde. Hierauf ward entweder elektrisch oder mittelst Strychnin die unversehrte Extremität eine Zeitlang in

Tetanus versetzt, dann gelangten beide Extremitäten enthäutet zu gleicher Zeit in je ein Reagenzgläschen, die mit derselben verdünnten frischen Blutlösung gleich hoch angefüllt waren. Das verdünnte Meerschweinchenblut war nahezu $^1/_2$ % chlornatriumhaltig gemacht worden.

Bei allen Versuchen — es wurden 10 ausgeführt — wirkte der thätig gewesene Muskel schneller als der ruhende, was mit den Erfahrungen Gscheidlen's übereinstimmt, denen zufolge der thätige Muskel Indigo desoxydirt und Nitrate in Nitrite verwandelt.

Bei den Versuchen mit Blutlösungen leistet übrigens die makroskopisch wahrnehmbare Farbendifferenz in Bezug auf das Erkennen der Dissociation mehr als die Beobachtung mit dem Spectralapparat, da geringe Mengen sauerstofffreien Hämoglobins leicht durch die Farbenänderung (das Violettwerden) der Blutlösung wahrgenommen werden, während schon ziemlich viel sauerstofffreies Hämoglobin im Blute vorhanden sein muss, um auch nur eine verwaschene Absorption zwischen O_2-Hb-α und -β hervorzurufen. Selbst dem Ungeübten ist es aber leicht, die Farbendifferenz mit unbewaffnetem Auge wahrzunehmen.

Versuch 95. Die unversehrte Extremität wird mit dem Schlittenapparat 30 Minuten lang in Tetanus versetzt.

Beide Extremitäten zu gleicher Zeit in gleiche Mengen Blutlösung. Eine dritte todte zum Vergleich desgleichen. Die Gläser a, b, c, in welche die drei Extremitäten gebracht wurden, hatten nahezu gleiches Kaliber.

Zeit.	a. Tetanisirte Extremität.	b. Ruhende Extremität.	c. Todte Extremität.
$1^h\ 40^m$	a Farbe mehr violett geworden als b.		Farbe weniger verändert als a.
$2^h\ 25^m$	unten Hb-Farbe; höher hinauf mehr violett als b.	unten verwaschenes Spectrum. Reagirt lebhafter auf elektrischen Reiz als a.	kein O_2-Hb mehr vorhanden.
$7^h\ 45^m$	ganze Blutlösung sauerstofffrei. Extremität reagirt nicht mehr auf elektrischen Reiz.	ganze Blutlösung sauerstofffrei, reagirt noch auf elektrischen Reiz.	—

Versuch 96. Unverletzte Extremität 40 Minuten elektrisch in Tetanus versetzt. Alles Andere wie beim vorigen Versuch.

Zeit.	a. Tetanisirte Extremität.	b. Ruhende Extremität.	c. Todte Extremität.
$1^h\ 10^m$	a Farbe unten viel mehr violett geworden als b.		noch keine Veränderung der Farbe
$1^h\ 40^m$	Farbe a viel mehr violett geworden als b.		an einer Stelle violett n. $2^h\ 25^m$
$4^h\ 25^m$	a höher hinauf violett als b		ganz sauerstofffrei
	Reagirt nicht so lebhaft auf elektrischen Reiz als b	Antwortet lebhaft auf elektrische Reize	—

Diese Versuche zeigen, dass der todte Muskel schneller als der lebende der Blutlösung den Sauerstoff entzieht und der thätig gewesene schneller als der in Ruhe verharrende.

Versuch 97.

Zeit.	a. Extremität 15^m in Strychnintetanus.	b. Ruhende Extremität.
$3^h\ 30^m$	unten violett.	noch α und β des O_2-Hb
	a reagirt nicht so lebhaft auf elektrischen Reiz als b.	

Versuch 98. Extremität a 15 Minuten in Strychnintetanus; dann wieder wie oben. Nach 4 Stunden 10 Minuten hat die tetanisirte Extremität sich mit viel mehr Violett umgeben, als die ruhende.

Beide Extremitäten blieben 24 Stunden in der Blutlösung; es zeigte sich dann ein Säureband. Die Blutlösung war concentrirter, als die früheren, welche etwas weniger als ein Proc. Hämoglobin (trocken gedacht) enthielten.

Auch diese Versuche zeigen, dass der thätig gewesene Muskel der Blutlösung schneller den Hämoglobinsauerstoff entzieht, als der in Ruhe verharrende.

3. Dissociation durch Lebergewebe.

Das durch Verblutung eines Meerschweinchens gewonnene Blut wurde defibrinirt und so weit mit destillirtem Wasser verdünnt, dass im Reagenzgläschen α und β des O_2-Hb-Spectrum

deutlich getrennt zu sehen waren. In die Reagenzgläschen wurde gleichviel verdünnte Blutlösung gegossen und dazu das noch lebenswarme Gewebe gebracht.

Columne 1 gibt die Temperatur der Lösungen an.

Columne 2 das Gewebe, mit welchem Versuche angestellt wurden.

Columne 3 die Zeit, in welcher sich Sauerstoffhämoglobin in gewöhnlicher Blutlösung ohne Zusatz *ceteris paribus* dissociirte.

D bedeutet, dass das ganze Blut des Probirgläschens sauerstofffrei wurde.

D beg. bedeutet, dass die Dissociation beginnt merklich zu werden.

$^1/_2$ D u. $^1/_4$ D bedeutet, dass ungefähr die Hälfte, bez. der 4. Theil der Blutmasse sauerstofffrei ist.

Vers.	1.	2.	3.
99.	+ 15°	Blut mit Leber. 21h 24m D	45h 25m D
100.	+ 15°	Blut mit Leber. 2h 25m unten, wo die Leberstückchen liegen, D beg.	36h 15m D
101.	+ 15°	Blut mit Leber. 4h unten, wo die Leberstückchen liegen D	47h D
102.	+ 15°	Blut mit Leber. 1h 33m unten, wo die Leberstückchen liegen, D	
103.	+ 15°	Blut mit Leber. 35m unten, wo die Leberstückchen liegen, Blutfarbe violett. 4h dort noch 2 verwaschene Streifen	
104.	+ 15°	Blut mit Leber. 2h 30m unten D. 16h 25m D	40h 50m D
105.	+ 40°	Blut mit Leber. 3h D	18h 58m D
106.	+ 35°	Blut mit Leber. 1h 40m unten D	

	1.	2.	3.
107.	+ 38°	Blut mit Leber. 4m unten, wo die Leberstücke liegen, Farbe violett	
108.	+ 37°	Blut mit Leber. 69m unten die Farbe violett. 4h 50m 1/2 D 21h 50m eine Absorption im Roth mit 2 verwaschenen Streifen (Schwefelwasserstoff?)	20h 30m 1/2 D
109.	0°	Blut mit Leber. 20h 30m 1/2 D	14 Tage 19 St. 1/4 D 17 Tage 1/2 D
110.	0°	Blut mit Leber. 8h 20m unten D 20h 35m D	
111.	+ 15°	Blut mit gekochter Leber. 20h D	45h 25m
112.	+ 15°	Blut mit gekochter Leber. 21h 15m 1/2 D	
113.	+ 37°	Blut mit gekochter Leber. 4h D beg.	
114.	+ 15°	Rückstand des alkohol. Extractes der Leber. 21h 10m 3/4 D [noch 2 Versuche mit gleichem Resultat]	45h 25m D
115.	+ 15°	Wässeriges Extract der Leber. 21h 15m 1/2 D	

Lebergewebe und das wässerige, wie das alkoholische Extract der frischen Leber besitzen also das Vermögen, dem Blute den Sauerstoff zu entziehen in eminentem Grade, und zwar wächst die Geschwindigkeit der durch Lebergewebe bewirkten Dissociation des Sauerstoffhämoglobins schnell mit der Zunahme der Temperatur zwischen 0° und der Blutwärme. Sogar bei 0° geht die Sauerstoffentziehung energisch vor sich.

Die gekochte Leber wirkt sehr viel langsamer, als die ungekochte; der Rückstand des alkoholischen Leberextractes und

der des wässerigen Leberextractes wirken gleichfalls viel langsamer als die ungekochte Leber.

4. Dissociation durch Galle, Milz, Gehirn u. a.

116.	15°	Blut mit Galle. Inhalt einer Gallerblase (Meerschw.). 27h 25m D	45h 25
117.	15°	Blut mit Galle. (Ebenso). 28h 3/4 D	
118.	15°	Blut mit Herzfleisch. 4h unten D	47h D
119.	15°	Blut mit Herzfleisch. 4h unten D, schon nach 1 Stunde unten, wo der Muskel liegt, Farbe violett.	
120.	15°	Blut mit Magen. Nach 32 Stunden Haematoinspectrum.	36h 15m
121.	15°	Blut mit Milz. 22h 10m D beg.	42h 30m D
122.	15°	Ein halbes Gehirn vom Meerschweinchen mit Blut. 21h 30m D	45h 25m
123.	38°	Gehirn vom Hasen (frisch): nach 20m unten, wo die Gehirnstücke liegen, D beg.	

5. Dissociation durch Schimmelpilze.

	Temperat.	Mit Schimmel versetzte Blutlösung.	Reine verdünnte Blutlösung.
124.	15°	31h 30m beg. D	36h 15m beg. D
125.	15°	24h beg. D	47h D
126.	15°	16h 55m D	42h 30m 1/4 D
127.	17°	21h D 31h Haematoinsp.	53h D
128.	38°	17m 45m Haematoinsp.	18h 58m D beg.
129.	35°	17h Haematoinsp.	24h D

	Temperat.	Mit Schimmel versetzte Blutlösung.	Reine verdünnte Blutlösung.
130.	35°	$16^h\ 55^m$ D	24^h D
131.	0°	14 Tage $17^h\ 45^m$ $^1/_3$ Haematoin unten $^1/_3$ Hb in der Mitte $^1/_3$ O_2-Hb oben	14 Tage noch nicht D
132.	0°	13. Tag $^1/_4$ D	14 Tage $19^h\ 30^m$ $^1/_4$ D

Diese Versuchsreihe zeigt, dass mit Penicillium versetztes Blut schneller sauerstofffrei wird als gewöhnliches Blut und dass es ferner durch Penicillium weitere Veränderungen erfährt, spectral ähnlich denen durch verdünnte Säuren.

6. Ueber den die Dissociation verzögernden Einfluss des Chinins.

	1.	2.	3.
133.	15°	Blut mit viel salzs. Chinin versetzt. Nach 7 Tagen noch Sauerstoffspectrum	$39^h\ 45^m$ D beg.
134.	15°	Blut mit reinem Chinin $88^h\ 16^m$ beg. D	$36^h\ 15^m$ beg. D
135.	15°	Salzs. Chinin mit Blut und Penicill. nach 11 Tagen noch die 2 Streifen sichtbar	$40^h\ 50^m$ D
136.	15°	Hb-Blut in O_2-Hb-Blut verwandelt durch Schütteln mit Luft und mit salzs. Chinin versetzt; nach 10 Tagen noch O_2-Hb-Spectrum	$40^h\ 50^m$ D
137.	15°	Salzs. Chinin, Blut und Gehirn. Sehr bald Spectrum des sauerstofffreien Hb	
138.	15°	Salzs. Chinin. Blut und Leber. 35^m unten D $21^h\ ^1/_2$ D	

Zum Vergleich einige andere Versuche:

	1.	2.	3.
139.	+ 15°	Blut mit arseniger Säure. 48h 10m beg. D	48h D beg.
140.	+ 15°	Salzs. Strychnin mit Blut. 42h 15m D 66h Haematoin	42h 15m D
141.	+ 15°	Blut, unten Chloroform, nach 4 Tagen 16 Stunden noch nicht D. Blutflüssigkeit entfärbt sich, rother Bodensatz.	41 Stunden D

Die Versuche 133 und 134 zeigen, dass Chinin hemmend auf die Sauerstoffabgabe des Hämoglobins einwirkt, wenn es für sich der Blutlösung zugesetzt wird, wie schon andere gefunden haben, Versuch 135, dass die sauerstoffentziehende Eigenschaft des Penicillium durch Chinin sistirt wird. Dagegen verhindert Chinin nicht, wie Vers. 137 und 138 zeigen, die Sauerstoffentziehung durch Gehirn und Lebergewebe, und hierin liegt ein Grund zu der Annahme, dass diese beiden nicht durch gewöhnliche Fäulnissproducte sauerstoffentziehend wirken. Die Natur der sauerstofffestbindenden Körper in den Geweben müssen künftige Untersuchungen kennen lehren.

Hier seien nur noch zum Schluss einige Bemerkungen über die Hauptresultate dieser Arbeit angefügt.

Zunächst steht nunmehr unwiderleglich fest, dass im Blute des Fötus Sauerstoff enthalten ist, welcher von der Placenta, also von dem Blute des mütterlichen Organismus, stammt. Wie der Sauerstoff der Blutkörperchen des mütterlichen Blutes an das im fötalen Körper gebildete Hämoglobin übertritt, ist eine noch völlig unaufgeklärte Frage. Die Thatsache aber kann nicht bestritten werden, dass auf der einen Seite die Abgabe des Hämoglobinsauerstoffs und unmittelbar daneben auf der anderen Seite die Bindung des eben vom (mütterlichen) Hämoglobin abgegebenen Sauerstoffs durch (kindliches) Hämoglobin

stattfindet. Vielleicht handelt es sich hier um eine Massenwirkung, da das fötale Placentarblut (das Blut der Nabelarterien) grosse Mengen sauerstofffreien Hämoglobins enthalten muss. Jedenfalls kann nicht mehr bezweifelt werden, dass der Sauerstoffverbrauch in dem sich entwickelnden Organismus ein sehr lebhafter ist. Denn dieses wird bewiesen durch die Geschwindigkeit, mit der der Sauerstoff aus dem Blute des Fötus verschwindet, und das schnelle Eintreten von Athembewegungen auch unreifer Früchte bei Unterbrechung des Placentarkreislaufes. Um so wichtiger ist dieses Factum, als die Nahrung des ungeborenen Säugethieres — mag es noch so viel Fruchtwasser verschlucken — fast ausschliesslich aus dem Blute (und der Lymphe?) der Mutter stammt. Da es nun nicht angeht, dass dasselbe Blut, welches dem Fötus Sauerstoff zuführt, zugleich die oxydabeln Stoffe zuführe, welche eben jenen Sauerstoff festbinden, so müssen diese letzteren im Fötus während der Entwickelung entstehen, d. h. während des Wachsthums und der numerischen Vermehrung der morphotischen Gewebselemente. Denn wollte man annehmen, dass sie intravasal im fötalen Blute sich bildeten, so würde nicht einzusehen sein, wie überhaupt in den fötalen Gefässen der Placenta es zur Bildung von Sauerstoffhämoglobin kommen könnte. Es müsste vielmehr der Sauerstoff aus den mütterlichen Capillaren in dem Blute der kindlichen Capillaren sogleich festgebunden werden, was thatsächlich nicht der Fall ist, da es sich noch im Herzen des Fötus an Hämoglobin, also locker, gebunden vorfindet. Wenn aber der Sauerstoff im fötalen Organismus überwiegend extravasal von leicht oxydabeln Körpern in den Geweben festgebunden wird, was in der That höchst wahrscheinlich gemacht werden kann, so müssen jene Stoffe, weil der apnoische, schlafende, fötale Organismus nur eine minimale Arbeit verrichtet, nur sehr geringe Ausgaben hat, nothwendig zumeist durch den Wachsthumsprocess (hierin die Vermehrung der ‚Zellen' mitbegriffen) entstehen, also: der Sauerstoffverbrauch des Fötus ist hauptsächlich auf sein Wachsen zurückzuführen. Demnach wird überhaupt ein sich entwickelnder Körper, ein wachsendes Gewebe mehr Sauerstoff verbrauchen, d. h. durch seine leicht oxydabeln Bestandtheile festbinden, als ein ausgewachsenes, alles übrige gleich gesetzt.

Da ferner das ausgewachsene Säugethier keine andere Bezugsquelle für die Beschaffung des zum Wachsthum, d. h. zur

Neubildung seiner Gewebe, erforderlichen Materials hat, als die Nahrung, so wird die auf den ersten Blick überraschende hier experimentell festgestellte Thatsache, dass verhungerte erwachsene Säugethiere noch viel Sauerstoff in ihrem Blute nach dem Tode enthalten, also weniger Sauerstoff im Leben verbrauchen, verständlich. Ihnen fehlen die beim Erneuertwerden der Gewebe sich bildenden oxydabeln Körper, weil eben die Gewebe wegen Nahrungsmangel sich nicht in dem Maasse wie sonst erneuern, nicht wachsen können. Ebenso aber wird ohne Nahrungsentziehung durch bedeutende Temperaturerniedrigung des Warmblüters die Gewebsneubildung gehemmt und darum findet man auch im Blute erfrorener Säugethiere noch viel Sauerstoff, wobei übrigens auch zu bedenken, dass die Tension des Hämoglobinsauerstoffs mit der Abkühlung erheblich abnimmt.

Die Thatsache, dass auch nach Tödtung durch arsenige Säure und nach schneller Tödtung durch viel Blausäure meistens — letzteres bei Kaltblütern immer — das Blut noch sauerstoffhaltig gefunden wird, lässt vermuthen, dass diese beiden Gifte, welche zugleich zwei der stärksten Antiseptica sind, die Gewebsneubildung und damit die Entstehung der leicht oxydabeln Verbindungen hemmen. Jedoch ist dieses nur eine Vermuthung.

Der Umstand, dass durch Tödtung mittelst Unterbrechung der Respiration oder Circulation direct oder durch Gifte das Blut schnell sauerstofffrei wird, lehrt, dass zu jeder Zeit im normal ernährten Organismus eine grosse Quantität leicht oxydabler Stoffe in den Geweben in der Bildung begriffen sein muss, die den gerade vorhandenen und nun nicht mehr erneuerten Blutsauerstoff in einigen Minuten bei Kaltblütern, wie bei Warmblütern an sich reissen können. Dass schwache, schlecht ernährte und alte Individuen häufig durch Erstickung und Erstickungsgifte weniger schnell getödtet werden können als solche mit lebhaftem Stoffwechsel, würde hiermit im Einklang stehen. Neue Versuche darüber sind aber dringend wünschenswerth. Ebenso ist die Betheiligung der einzelnen Organe, und in diesen der einzelnen Gewebe, an dem grossartigen Sauerstoffbindungsprocess der inneren Athmung, welcher das Wesen des Lebens ausmacht, noch zu ermitteln.

Durch die mitgetheilten Experimente ist jedenfalls eine grosse Ungleichheit der einzelnen Körperprovinzen in dieser Beziehung constatirt, auch dann, wenn man den Fäulnisser-

scheinungen den grösstmöglichen Einfluss einräumt. Das Gehirn und die Leber verbrauchen in gleicher Zeit viel mehr Sauerstoff, als die Muskeln. Und das Herz besitzt kein so grosses Vermögen, den Sauerstoff seines eigenen Blutes zu binden, wenn es schlagfähig ruht, als wenn es schlägt. Da auch der thätige vom Blut nicht durchströmte Muskel, mehr als der ruhende leicht oxydable Stoffe bildet, so ist kaum zu bezweifeln, dass bei der Muskelthätigkeit im intacten Organismus ein grosser Theil der den Blutsauerstoff festbindenden Substanzen extravasal, nämlich im Muskel selbst entsteht und wahrscheinlich, dass überhaupt bei der Thätigkeit aller Organe jene leicht oxydabeln Körper im Paenrchym sich bilden.

In jedem Falle ist es durch die Gesammtheit der in dieser Abhandlung beschriebenen Experimente sehr wahrscheinlich geworden, dass der eingeathmete und vom arteriellen Blutstrom ohne merkliche Verminderung in die Körpercapillaren geführte Sauerstoff nicht im Blute, sondern in den Geweben festgebunden wird und zwar von den thätigen und von den wachsenden Elementartheilen der Gewebe in viel reicherem und schnellerem Maasse, als von den ruhenden und von den nicht mehr wachsenden. Der Sauerstoffverbrauch bei der Gewebsathmung ist also ein Maass für die Energie der Lebensthätigkeit.

Druck von G. Pätz in Naumburg a/S.